

УДК 621.3

**Асинхронные генераторы ветряных электростанций**

Бабицкий В.В.

Научный руководитель – ст. препод. ЗЕЛЕНКО В.В.

**Принцип работы**

Хорошо усвоить принцип работы асинхронного механизма поможет предварительное ознакомление с основами функционирования генераторных машин синхронного типа. Дело в том, что синхронные и асинхронные генераторы по своему устройству и способу действия очень схожи и отличаются лишь небольшими деталями (конструкцией вращающегося ротора, в частности). В механизмах первого класса используется ротор с размещёнными на нем постоянными магнитами. При его вращении от механического привода магнитные элементы наводят в статоре меняющееся по величине и направлению э/м поле, обеспечивающее протекание переменного тока в подключённой к его зажимам нагрузке. При этом сам ротор вращается без рассогласования с создаваемой им в катушках ЭДС (синфазно с ней). В отличие от синхронных машин, асинхронный генератор характеризуется наличием небольшого отставания вращения роторного элемента устройства по отношению к наводимому в статоре электромагнитному полю. Последнее как бы тормозит его движение, что принято называть «эффектом скольжения»

При вращении приводного вала под воздействием внешнего механического импульса (от двигателя внутреннего сгорания, например) за счёт остаточного магнетизма статора в решётке такого ротора наводится собственная ЭДС. Вследствие этого оба поля (и подвижное, и неподвижное) начинают взаимодействовать друг с другом в динамическом режиме. Поскольку поле в обмотках ротора наводится с задержкой относительно неподвижного статора генератора, он несколько отстаёт от наводимого в ней э/м поля (то есть вращается асинхронно).



Рисунок 1 – Асинхронный генератор

### Преимущества и области применения

- Показатель нелинейных искажений синусоиды у них не превышает 2-х процентов (сравните 15 % у их синхронных аналогов);

- При электропитании сварочного оборудования они обеспечивают существенное улучшение качества сварки;

- Для стабилизации выходного напряжения в них могут применяться внешние устройства автоматического регулирования;

Роторы АГ при вращении выделяют ограниченное количество тепла, для компенсации которого не требуется мощных вентиляторных устройств.

Последнее свойство позволяет надёжно герметизировать внутреннюю полость агрегата, то есть защитить её от проникновения пыли и грязи. Благодаря этому обстоятельству существенно расширяется сфера применения асинхронных машин, способных работать в условиях большой запыленности и повышенной влажности. Возможность герметизации способствует тому, что электрогенераторы асинхронного типа имеют больший показатель по сроку службы и могут эксплуатироваться при пониженных температурах. Добавим к этому, что одной из фазных обмоток этих агрегатов допускается подключать нагрузки различной мощности.

Благодаря этим достоинствам, они широко применяются в качестве источников электроэнергии в следующих хозяйственных областях:

- Для энергоснабжения оборудования с реостатным или рекуперативным режимом торможения (подъёмные краны, транспортёры и тому подобное);

- В промышленном оборудовании, не нуждающемся в компенсации паразитной реактивной мощности и к которому не предъявляют высоких требований по качеству поставляемой энергии;

- В бытовых и полевых условиях, где требуются источники дешёвой электроэнергии с механическим приводом от дизельного двигателя;

#### **Ветряная электростанция на базе асинхронного генератора**

Вопрос о ветровых электрогенераторах в наше время, очень актуален. Многие европейские производители предлагают ветровые генераторы разной мощности, но стоят они не дешево. А вся система, включая ветровой электрогенератор, инвертор преобразования постоянного тока в переменный и аккумуляторные батареи, это очень дорогое удовольствие, которое вряд ли окупит себя, в ближайшее время использования. Такие ветровые установки не может себе позволить обычный потребитель электрической энергии.

Из всего сказанного, можно сделать вывод, что наиболее остро стоит вопрос об удешевлении получения электроэнергии из ветра.

При применении генераторов на постоянных магнитах, можно получить не очень большое напряжение, как правило, оно не превышает 10 В. Да и к тому же скорость ветра, это не постоянная величина. Установки на таких генераторах должны всегда снабжаться аккумуляторными батареями, и инвертором. Но исходя из того, наиболее оптимальные аккумуляторные батареи, это батареи 150 А/ч, то вряд ли кто захочет связываться с таким дорогим проектом (для примера аккумуляторная батарея танка ПТ-76 весит 65кг, и рассчитана на 140А/ч).

В ходе долгих поисков и экспериментов, предпочтение было отдано генератору на базе асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором. При использовании данной схемы было выявлено много достоинств и всего один недостаток.

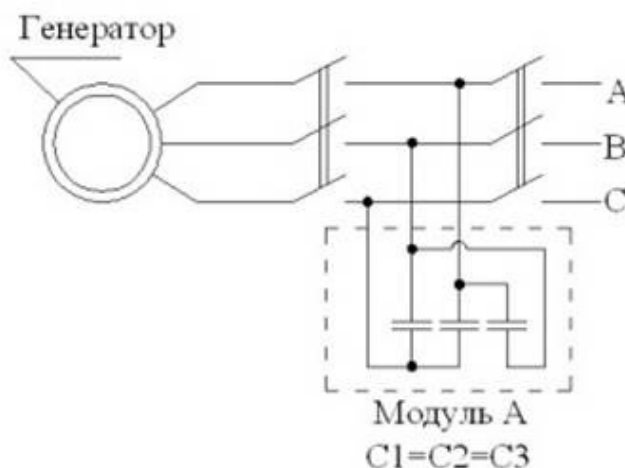


Рисунок 2 – Схема включения генератора

**Достоинства:** небольшие габариты и масса при достаточно большой мощности; нет необходимости в напряжении возбуждения; если использовать тихооборотный двигатель, то и мощность ротора можно уменьшить; простота конструкции повышает надежность при эксплуатации, вследствие отсутствия подвижного электрического контакта; снижается стоимость и трудоемкость обслуживания генераторной установки;

**Недостаток:** данный генератор нельзя перегружать.

Схема включения асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором показана на рисунке №1. При вращении ротора двигателя остаточное магнитное поле действует на одну из обмоток статора. При этом возникает небольшой электрический ток, который заряжает один из конденсаторов C1-C3. Благодаря тому, что фаза напряжения на конденсаторе отстает на  $90^\circ$ , на роторе возникает магнитное поле уже большей величины, которое действует на следующую обмотку. Соответственно следующий конденсатор зарядится на большее напряжение. Этот процесс продолжается до тех пор, пока ротор генератора не войдет в насыщение (1...1,15с). После этого можно включать автомат B2 и использовать вырабатываемую генератором энергию. Причем для нормальной работы двигателя в режиме генератора мощность нагрузки должна составлять не более 80 % примененного в качестве генератора двигателя. Остальные 20 % используются для поддержания напряжения на конденсаторах, т.е. поддержание генератора в рабочем состоянии. При превышении данного условия напряжение на конденсаторах исчезнет, а значит и исчезнет магнитное поле на якоре, что приведет к исчезновению напряжения на клеммах автомата B2. Причем это происходит практически мгновенно.

В этом есть свой недостаток и свои достоинства. Недостаток является в том, что повторная подача напряжения возможна только тогда, когда будет устранена причина перегрузки и отключен автомат B2. Генератор сонно войдет в рабочий режим (через 1...1,5с). После этого можно включать B2 и использовать энергию. К достоинству относят тот фактор, что генератор практически невозможно сжечь, так как напряжение на его клеммах исчезает мгновенно в течение 0,1...0,5с. Выходное напряжение имеет синусоидальную форму и полностью пригодно для дальнейшего использования. Выходная частота генератора 46...60 Гц, что в большинстве случаев достаточно для домашнего использования. Из-за нестабильности напряжения на выходе напряжения необходимо установить стабилизатор (описание схемы и работы описано в дополнительной статье).

Емкость добавочных конденсаторов указана в таблице №1, на один киловатт указанной мощности мотора, а для работы с нагрузкой – добавочная емкость на каждый киловатт нагрузки.

Таблица 1 – Емкость конденсаторов, включаемых в фазы, в микрофарадах на 1 кВт мощности.

Напряжение между фазами	Основная емкость конденсаторов (на 1 кВт мощности), мкФ		
	Режим холостого хода	Режим активной нагрузки	Режим реактивной нагрузки
127 В	40...50	10...20	50...60
220 В	12...15	3...6	1...2
380 В	4...5	1...2	5...6

К примеру, есть двигатель мощность 3 кВт. К нему предполагается подключить реактивную нагрузку (электродвигатель, сварочный аппарат), суммарной мощностью примерно 2 кВт. При этом мы хотим, чтобы напряжение между фазами было 380. Значит, емкость конденсатора  $C_1$  составит  $(3 \cdot 5) + (2 \cdot 6)$  микрофарад. Так как  $C_1 = C_2 = C_3$ , то нам понадобится три конденсатора емкостью 30 мкФ. Если конденсаторов необходимой емкости нет, то можно соединить конденсаторы параллельно, меньшей емкости. Конденсаторы должны быть бумажные или металлобумажные на напряжение не ниже 450 В, а лучше на 650 В. Лучше включать генератор на напряжение между фазами 220 В, а между нулем и фазой 127 В. Это вызвано тем, что для нормальной работы генератора перекося фаз не должен превышать  $45^\circ$ . При такой схеме, удастся максимально разгрузит генератор. Кроме того, питание осветительных ламп накаливания и некоторые нагревательные приборы лучше питать постоянным током.

Для привода вала генератора применен редуктор. Можно использовать редуктор любой системы, кроме червячной. Как было уже сказано, вал генератора нужно вращать примерно с удвоенной скоростью, а вал ветродвигателя вращается со скоростью 500 об/мин при скорости ветра 5 м/с, отсюда и ограничение на использование двигателя в качестве генератора. При использовании двигателя можно увеличить высоту крыла на 500 мм. Наилучшим вариантом может быть двигатель на 360 об/мин, но можно и применить и двигатель на 720 об/мин. Увеличивать крыло по ширине не рекомендуется, так как при этом уменьшается частота вращения, уменьшать то же не следует, так как при увеличении скорости вращения сильно уменьшится мощность, причем закон уменьшения не линейный.

Сама ветрогенераторная установка может быть выполнена в любой удобной для вас схеме. Опору можно изготовить из дерева, бетона, металла. Можно применить опору которую используют для передачи электричества на расстояние, или свою. В качестве растяжек лучше использовать стальной трос диаметром 10..12 мм. Костыли, за которые крепятся растяжки, необходимо хорошо забетонировать. Каркас крыльев ветродвигатель можно изготовить из труб диаметром 1 дюйм. Элероны можно изготовить из стального прутка диаметром 6 мм. В качестве ведущего вала использовано толстостенная труба диаметром 2..2,5 дюйма, в нижний конец которой впрессован вал длиной 300...400 мм. В нижнем конце вала сделана канавка под шкив. Подшипники взяты сферические с конусными зажимами марки 2000810 с соответствующим корпусом.

После сборки крыло необходимо сбалансировать. К опоре сбалансированное крыло крепиться любым удобным способом, но, главное, чтобы крепление было достаточно жестким и надежным. Экспериментально было установлено, что лучшим материалом для обтягивания крыла служит полиэтиленовая пленка толщиной 80...120 мкм. Она достаточно прочная, легкая, дешевая и позволяет отказаться от тормозного механизма, который, кстати, в данном случае не приемлем, так как при сильном ветре крыло будет уничтожено. Обтягивать

полиэтиленовой пленкой нужно в несколько слоев спаивая по швам, паяльником через кусок полиэтиленовой пленки. Спаянный шов должен быть равным и прочным.

При подборе редуктора нужно руководствоваться следующим правилом: за номинальные обороты крыло ветродвигателя нужно брать величину 500 об/мин, что соответствует скорости ветра 5 м/с, частота вращения вала двигателя увеличивается на 2,3, далее путем несложных подсчетов получаем коэффициент передачи. Сам кронштейн легко прикрепить к опоре с помощью шести шпилек. Зубчатым редуктором крепление намного проще. Не рекомендуется делать вал ветродвигателя слишком длинным, так как его может попросту перекрутить. Всю конструкцию необходимо заземлить. Сопротивление заземления должно быть не более 2 Ом. У подножия необходимо поставить шкаф, в котором необходимо разместить конденсаторы С1-С3, автоматы В1-В2, диоды V1-V6, стабилизатор напряжения, автомат управления, четыре аккумулятора и мощный преобразователь напряжения для обеспечения энергией во время штормов. Автомат управления обеспечивает переключение цепей питания в зависимости от нагрузки и скорости ветра. Мощный преобразователь напряжения обеспечивает заряд аккумулятора во время работы генератора в холостом ходу, а также питание сети от аккумуляторов при отсутствии ветра или сильно заниженном напряжении на генераторе. Когда нет напряжения, а аккумуляторы разряжены, автомат управления обеспечивает подачу энергии из штатной сети.

### Литература

1. Торопцев, Николай Демидович Асинхронные генераторы автономных систем / Торопцев Николай Демидович. - М.: Знак, 2011.-518 с.
2. Асинхронные двигатели общего назначения / Бойко Е. П., Гаинцев Ю. Г., Ковалев Ю. М. и др.; Под ред. В. М. Петрова и А. Э. Кравчика. - М.: Энергия, 1980. - 488 с., ил.;
3. Вольдек А.И./Электрические машины. Учебник для студентов высш. техн. учебн. заведений .Изд. 2-е, перераб. и доп. Л. «Энергия »,1974.-840 с., ил.;
4. <http://radiostorage.net/720-vetryanaya-ehlektrostanciya-na-baze-asinhronnogo-dvigatelya.html>